

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-299101

(43)Date of publication of application : 12.11.1993

(51)Int.Cl.

H01M 6/18
H01M 10/36

(21)Application number : 04-180349 (71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 15.06.1992 (72)Inventor : SHOJI YOSHIHIRO
NISHIO KOJI
FURUKAWA SANEHIRO

(30)Priority

Priority number : 04 69472 Priority date : 18.02.1992 Priority country : JP

(54) SOLID ELECTROLYTE AND LITHIUM BATTERY USING THE SAME

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a solid electrolyte of high ion conductivity and a lithium battery using it which excels in high-rate discharge characteristic by using a solid electrolyte including a granulelike electrolyte of a large Li content.

CONSTITUTION: A lithium ion conducting solid electrolyte is constituted by sintering a granule-like electrolyte (1) represented by the general formula (1) $\text{Li}_{1+(4-n)x}\text{M}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ (where M is univalent or bivalent cation, when M is univalent cation, $n=1$, when M is bivalent cation, $n=2$, x is 0.1 to 0.5). For concrete example of M in the formula, Na^+ , K^+ , Rb^+ , Cs^+ , Cu^+ are exemplified for univalent cation, and Mg^{2+} , Fe^{2+} , Be^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Ra^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} are exemplified for bivalent cation.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.02.1999

[Date of sending the examiner's decision
of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3177304

[Date of registration] 06.04.2001

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-299101

(43)公開日 平成5年(1993)11月12日

(51)Int.Cl.⁵H 0 1 M 6/18
10/36

識別記号

A
A

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平4-180349
(22)出願日 平成4年(1992)6月15日
(31)優先権主張番号 特願平4-69472
(32)優先日 平4(1992)2月18日
(33)優先権主張国 日本(JP)

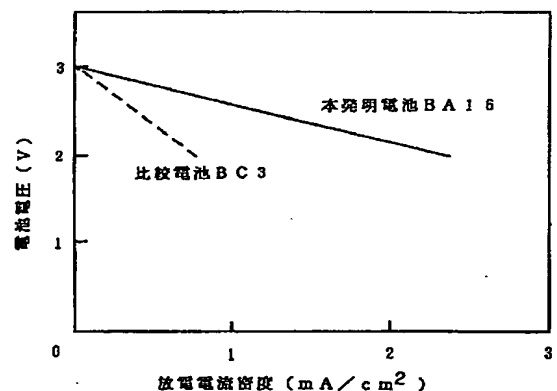
(71)出願人 000001889
三洋電機株式会社
大阪府守口市京阪本通2丁目18番地
(72)発明者 小路 良浩
大阪府守口市京阪本通2丁目18番地 三洋
電機株式会社内
(72)発明者 西尾 晃治
大阪府守口市京阪本通2丁目18番地 三洋
電機株式会社内
(72)発明者 古川 修弘
大阪府守口市京阪本通2丁目18番地 三洋
電機株式会社内
(74)代理人 弁理士 松尾 智弘

(54)【発明の名称】 固体電解質及びそれを使用してなるリチウム電池

(57)【要約】

【構成】一般式(1) $Li_{1+(4-n)x}M_xTi_{2-x}(PO_4)_3$ [式中、Mは1価又は2価の陽イオン、Mが1価の陽イオンのとき $n=1$ 、Mが2価の陽イオンのとき $n=2$ 、 x は0.1~0.5である。]で表される粒状電解質(1)が焼結されてなる。

【効果】リチウムイオン導電性に優れているので、高率放電特性に優れたリチウム電池を得ることが可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】一般式 (1) $Li_{1+(4-n)x}M_xTi_{2-x}(PO_4)_3$ [式中、M は 1 価又は 2 価の陽イオン、M が 1 価の陽イオンのとき $n=1$ 、M が 2 価の陽イオンのとき $n=2$ 、 x は 0.1~0.5 である。] で表される粒状電解質 (1) が焼結されてなるリチウムイオン導電性の固体電解質。

【請求項 2】一般式 (1) $Li_{1+(4-n)x}M_xTi_{2-x}(PO_4)_3$ [式中、M は 1 価又は 2 価の陽イオン、M が 1 価の陽イオンのとき $n=1$ 、M が 2 価の陽イオンのとき $n=2$ 、 x は 0.1~0.5 である。] で表される粒状電解質 (1) と、それに比し粒径が小さく、且つ、融点が高い粒状電解質 (2) とからなる混合物を焼結してなるリチウムイオン導電性の固体電解質。

【請求項 3】前記粒状電解質 (2) が一般式 (2) $Li_{1+(4-n)x}M_xZr_{2-x}(PO_4)_3$ [式中、M、 n 及び x はそれぞれ前記一般式 (1) 中の M、 n 及び x と同じもの又は値である。] で表される請求項 2 記載のリチウムイオン導電性の固体電解質。

【請求項 4】請求項 1~3 のいずれかに記載の固体電解質を使用してなるリチウム電池。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、固体電解質及びそれを使用してなるリチウム電池に係わり、特に固体電解質のイオン導電率の改良に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】最近、リチウム電池の電解質として、①セパレータに兼用することができるため電池のエネルギー密度を高めることができる、②オールソリッドステート化により液漏れのない、メンテナンスフリーの信頼性の高い電池が得られるなどの利点があることから、リチウムイオン導電性の固体電解質が脚光を浴びている。

【0003】従来の固体電解質としては、たとえば一般式 $Li_{1+y}Al_yTi_{2-y}(PO_4)_3$ [ただし、式中、 y は 0.1~1.9 である。] で表される粒状電解質を焼結させてなるものが挙げられる。

【0004】しかしながら、上記した従来の固体電解質においては、骨格金属たる Ti の一部置換金属として 3 価の陽イオン Al^{3+} が使用されているため、リチウムイオンの伝導に寄与すべき Li^+ の含有量が少ない。

【0005】また、固体電解質、とりわけ無機材料からなる固体電解質は、粉末原料を焼結することにより作製されているが、一般に、このような焼結法により得られた固体電解質は粒界の接触面積が小さいため、粒界抵抗が大きくなる。

【0006】このように、従来のリチウム電池においては、固体電解質として、 Li^+ の含有量が少なく、しかも粒界抵抗が大きい、すなわちイオン導電率のあまり高

くない固体電解質を使用していたため、大きな放電電流に耐え得る、すなわち高率放電特性に優れたリチウム電池を得ることが困難であった。

【0007】本発明は、以上の事情に鑑みなされたものであって、その目的とするところは、イオン導電率の高い固体電解質及びそれを使用してなる高率放電特性に優れたリチウム電池を提供するにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための請求項 1 記載の発明に係るリチウムイオン導電性の固体電解質は、一般式 (1) $Li_{1+(4-n)x}M_xTi_{2-x}(PO_4)_3$ [式中、M は 1 価又は 2 価の陽イオン、M が 1 価の陽イオンのとき $n=1$ 、M が 2 価の陽イオンのとき $n=2$ 、 x は 0.1~0.5 である。] で表される粒状電解質 (1) が焼結されてなる。

【0009】上式中の M の具体例としては、1 価の陽イオンとして、 Na^+ 、 K^+ 、 Rb^+ 、 Cs^+ 、 Cu^+ が例示され、また 2 価の陽イオンとして、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Be^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Sr^{2+} 、 Ba^{2+} 、 Ra^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Co^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cd^{2+} が例示される。

【0010】請求項 1 記載の発明に係る固体電解質 (以下、「固体電解質 (1)」と称する。) は、たとえば次の方法により得られる。まず、酸化チタン (TiO_2) と、炭酸リチウム (Li_2CO_3) と、リン酸アンモニウム ($(NH_4)_2HPO_4$) と、1 価又は 2 価の陽イオン M の酸化物 (MO 又は M_2O) とを、陽イオン M が 2 価イオンの場合はモル比 $2-x : (1+2x) / 2 : 3 : x$ で、また陽イオン M が 1 価イオンの場合はモル比 $2-x : (1+3x) / 2 : 3 : x / 2$ で混合し、加圧成型してペレット状にした後、800~1000°C の温度で 2~8 時間焼成する。次いで、このようにして得た焼成物を 400 メッシュパス程度の粒径に粉砕して粒状電解質 (1) とし、これを加圧成型してペレット状にした後、1000~1200°C の温度で 1~3 時間かけて焼結する。

【0011】固体電解質 (1) においては、Ti の一部置換金属として 1 価又は 2 価の陽イオン M を使用しているので、Ti の一部置換金属として 3 価の陽イオン Al^{3+} を使用していた従来の固体電解質に比し、 Li^+ の含有量が多くなり、より優れたリチウムイオン導電性が発現されるのである。

【0012】上述の如く、請求項 1 記載の発明は、リチウムイオンの伝導に関与する Li^+ の含有量を多くすることにより、リチウムイオン導電性の向上を図ったものである。しかし、粒界抵抗が大きいためにリチウムイオン導電性が低くなるという焼結法により作製された固体電解質に共通する問題は、この発明では未だ解消されていない。

【0013】請求項 2 記載の発明は、さらにこの問題を

3

も解消したものであり、同項記載の発明に係る固体電解質（以下、「固体電解質（２）」と称する。）は、一般式（１） $\text{Li}_{1+(4-n)x}\text{M}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ 〔式中、 M は１価又は２価の陽イオン、 M が１価の陽イオンのとき $n=1$ 、 M が２価の陽イオンのとき $n=2$ 、 x は $0.1\sim 0.5$ である。〕で表される粒状電解質（１）と、それに比し粒径が小さく、且つ、融点が低い粒状電解質（２）とからなる混合物が焼結されてなる。

【００１４】このように混合焼結することにより、粒状電解質（１）の各粒子の接触界面に、粒径の小さい粒状電解質（２）の粒子が融着して、粒界の接触面積が増大し、これにより粒界抵抗が小さくなるのである。

【００１５】ここで、粒状電解質（２）の粒径が粒状電解質（１）の粒径に比し小さく規制されるのは、粒状電解質（２）を粒状電解質（１）の接触界面に充分に進入させる必要があるからであり、また融点が低いものに規制されるのは、融着を強固にして粒界の接触面積を増大させる必要があるからである。

【００１６】粒状電解質（２）の具体例としては、一般式（２） $\text{Li}_{1+(4-n)x}\text{M}_x\text{Zr}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ 〔式中、 M 、 n 及び x は上記した一般式（１） $\text{Li}_{1+(4-n)x}\text{M}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ 中の M 、 n 及び x と同じもの又は同じ値である。〕で表されるものが例示される。因みに、 $\text{Li}_{1+(4-n)x}\text{M}_x\text{Zr}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ で表される粒状電解質（２）の融点は約 750°C であり、 $\text{Li}_{1+(4-n)x}\text{M}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ で表される粒状電解質（１）の融点は約 950°C である。

【００１７】固体電解質（２）は、たとえば次のようにして得られる。まず、ジルコニア（ ZrO_2 ）と、炭酸リチウム（ Li_2CO_3 ）と、リン酸アンモニウム（ $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ）と、１価又は２価の陽イオン M の酸化物（ MO 又は M_2O ）とを、陽イオン M が２価イオンの場合はモル比 $2-x:(1+2x)/2:3:x$ で、また陽イオン M が１価イオンの場合はモル比 $2-x:(1+3x)/2:3:x/2$ で混合し、加圧成型してペレット状にした後、 $800\sim 1000^\circ\text{C}$ の温度で $2\sim 8$ 時間焼成する。次いで、このようにして得た焼成物を 500 メッシュパス程度の粒径に粉碎して粒状電解質

（２）を得る。このようにして得た粒状電解質（２）を先に述べた粒状電解質（１）と混合し、加圧成型してペレット状にした後、 $1000\sim 1200^\circ\text{C}$ の温度で $1\sim 3$ 時間かけて焼結する。

【００１８】粒状電解質（１）に対する粒状電解質（２）の好適な混合割合は、陽イオン M の種類によって異なる。後述する実施例に示すように、たとえば陽イオン M が Mg^{2+} の場合は、粒状電解質（１）及び粒状電解質（２）の総重量に対して粒状電解質（２）を 10 重量％を越えない範囲で混合することが好ましく、陽イオン M が Fe^{2+} の場合は、 9.5 重量％を越えない範囲で混合することが好ましい。通常、陽イオン M の種類を問わ

4

ず、 9.5 重量％を越えない範囲で混合することが推奨される。

【００１９】請求項４記載の発明に係るリチウム電池は、以上説明した本発明に係る固体電解質が使用されるものである。それゆえ、優れた高率放電特性を発現する。電解質以外の他の部材については特に制限されず、リチウム電池用として従来使用されている種々の材料を使用することが可能である。

【００２０】すなわち、正極材料（活物質）としては、金属酸化物（ MnO_2 、改質 MnO_2 、重質化 MnO_2 、 MoO_2 、 CuO 、 Cr_2O_3 、 CrO_3 、 V_2O_5 、 LiCoO_2 、 LiNiO_2 、 NiOOH など）；金属硫化物（ FeS 、 TiS_2 、又は MoS_2 など）；金属セレン化物（ TiSe_2 など）； Cr 、 Mn 、 Fe 、 Co 及び Ni よりなる群から選ばれた少なくとも一種の金属と Li との複合酸化物など、従来既知の種々の材料を使用することができる。

【００２１】本発明に係るリチウム電池の正極は、たとえば上記した正極材料をアセチレンブラック、カーボンブラック等の導電剤及びポリテトラフルオロエチレン（ PTFE ）、ポリビニリデンフルオライド（ PVdF ）等の結着剤と混練して正極合剤とした後、この正極合剤を集電体としてのアルミニウムやステンレス製の箔やラス板に圧延して、 $50\sim 250^\circ\text{C}$ 程度の温度で 2 時間程度真空中で加熱処理することにより作製される。

【００２２】負極材料についても、リチウム金属、リチウムを吸蔵放出可能な物質（炭素材料、リチウム合金など）など、従来既知の種々の負極材料を、常法に従い使用することができる。

【００２３】

【作用】本発明に係るリチウム電池においては、 Li^+ の含有量の多い粒状電解質からなる固体電解質が使用されているので、 Li^+ の含有量の少ない粒状電解質からなる固体電解質が使用されていた従来のリチウム電池に比し、固体電解質中でのリチウムイオンの伝導率が高くなる。

【００２４】

【実施例】以下、本発明を実施例に基づいてさらに詳細に説明するが、本発明は下記実施例により何ら限定されるものではなく、その要旨を変更しない範囲において適宜変更して実施することが可能なものである。

【００２５】（実施例１）

〔正極の作製〕二酸化マンガン（ MnO_2 ）を、導電剤としてのアセチレンブラック及び結着剤としてのフッ素樹脂と、重量比 $85:10:5$ の比率で混練して正極合剤を得た。次いで、この正極合剤を集電体としてのステンレス製の網目状円板に圧延し、 250°C で 2 時間真空中で加熱処理して正極を作製した。

【００２６】〔負極の作製〕鋳造成型によりリチウム金属からなる円板状の負極を作製した。

5

【0027】〔固体電解質の作製〕酸化チタン(TiO_2)と、炭酸リチウム(Li_2CO_3)と、リン酸アンモニウム($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$)と、酸化マグネシウム(MgO)とを、モル比1.8:0.7:3:0.2でメノウ乳鉢中で混合し、加圧成型してペレット状にした後、 900°C の温度で4時間焼成した。次いで、得られた焼成物をメノウ乳鉢中で粉砕して、 $\text{Li}_{1.4}\text{Mg}_{0.2}\text{Ti}_{1.8}(\text{PO}_4)_3$ で表される400メッシュパスの粒状電解質Aを得た。また、上記製法において、酸化チタン(TiO_2)に代えてジルコニア(ZrO_2)を使用したこと以外は同様にして焼成物を得た後、得られた焼成物をメノウ乳鉢中で粉砕して、 $\text{Li}_{1.4}\text{Mg}_{0.2}\text{Zr}_{1.8}(\text{PO}_4)_3$ で表される500メッシュパスの粒状電解質Bを得た。次いで、これら2種の粒状電解質A及びBを、A:Bの重量比100:0、97:3、95:5、93:7、91:9、90:10、89:11でメノウ乳鉢中で混合し、得られた混合物を加圧成型してペレット状にした後、 1000°C の温度で2時間かけて焼結して7種の固体電解質を得た。

【0028】〔リチウム電池の作製〕上記正負両極、7種の固体電解質の他、負極缶などを使用して、固体電解質の異なる扁平型リチウム電池BA1~BA7(電池番号の数字の大きいものほど粒状電解質Bの使用量が多い固体電解質を使用した電池である。)を作製した。なお、電池の寸法は、いずれも直径25mm、厚み3mmである。

【0029】図1は作製した電池BA1の断面図であり(電池BA2~BA7も同様)、同図に示す電池BA1は、正極1、負極2、固体電解質3(正負両極を隔離するためのセパレータを兼ねる)、正極缶4、負極缶5、正極集電体6、負極集電体7及びポリプロピレン製の絶縁パッキング8などからなる。正極1及び負極2は、固体電解質3を介して対向して正負両極缶4、5が形成する電池ケース内に収容されており、正極1は正極集電体6を介して正極缶4に、また負極2は負極集電体7を介して負極缶5に接続され、電池BA1内部で生じた化学エネルギーを正極缶4及び負極缶5の両端子から電気エネルギーとして外部へ取り出し得るようになっている。

【0030】これらの電池BA1~BA7のそれぞれについて、 20°C におけるイオン導電率(コール・コール・プロットの合計値より算出した。)を求めた。結果を、図2に△でプロットして示す。

【0031】図2は、縦軸にイオン導電率 σ ($\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$)の常用対数を、また横軸に粒状電解質A及び粒状電解質Bの総重量に対する粒状電解質Bの重量%をとって表したグラフである。同図より、粒状電解質Bを10重量%以下の範囲で混合して得た固体電解質を使用した電池(BA2~BA6)が、粒状電解質Aのみを使用して得た固体電解質を使用した電池(BA1)に比べ、イオン導電率が高いことが分かる。

6

【0032】(実施例2)酸化マグネシウム(MgO)0.2モル部に代えて酸化鉄(FeO)を同じモル部数使用したこと以外は実施例1と同様にして、2種の粒状電解質、すなわち $\text{Li}_{1.4}\text{Fe}_{0.2}\text{Ti}_{1.8}(\text{PO}_4)_3$ で表される400メッシュパスの粒状電解質C及び $\text{Li}_{1.4}\text{Fe}_{0.2}\text{Zr}_{1.8}(\text{PO}_4)_3$ で表される500メッシュパスの粒状電解質Dを得た。次いで、これら2種の粒状電解質C及びDを、メノウ乳鉢中で実施例1と同じ7種類の重量比で混合し、加圧成型してペレット状にした後、 1000°C の温度で2時間かけて焼結して7種の固体電解質を得た。これらの固体電解質を使用したこと以外は実施例1と同様にして、電池BA8~BA14を作製した。これらの電池BA8~BA14のそれぞれについて、実施例1と同様に、イオン導電率を求めた。結果を、先の図2に○でプロットして示す。同図より、粒状電解質Dを9.5重量%以下の範囲で混合して得た固体電解質を使用した電池(BA9~BA12)が、粒状電解質Cのみを使用して得た固体電解質を使用した電池(BA8)に比べ、イオン導電率が高いことが分かる。

【0033】(実施例3)酸化チタン(TiO_2)と、炭酸リチウム(Li_2CO_3)と、リン酸アンモニウム($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$)と、酸化マグネシウム(MgO)とを、メノウ乳鉢中でモル比 $2-x:(1+2x)/2:3:x$ ($x=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$)で混合し、加圧成型してペレット状にした後、 900°C の温度で4時間焼成し、得られた焼成物をメノウ乳鉢中で粉砕して、 $\text{Li}_{1+2x}\text{Mg}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ で表される400メッシュパスの5種の粒状電解質を得た。また、上記製法において、酸化チタン(TiO_2)に代えてジルコニア(ZrO_2)を使用したこと以外は同様にして、 $\text{Li}_{1+2x}\text{Mg}_x\text{Zr}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ で表される500メッシュパスの5種の粒状電解質を得た。次いで、上記各製法により得たx値の同じ粒状電解質同士を、重量比93:7の比率でメノウ乳鉢中で混合し、加圧成型してペレット状にした後、 1000°C の温度で2時間かけて焼結して5種の固体電解質を得た。これらの固体電解質を使用したこと以外は実施例1と同様にして、電池BA15~BA19を作製した。これらの電池BA15~BA19のそれぞれについて、実施例1と同様に、イオン導電率を求めた。結果を、図3に△でプロットして示す。同図より、x値が0.15~0.45の範囲、特に0.2前後のものが、最も高いイオン導電率を示すことが分かる。

【0034】(実施例4)酸化チタン(TiO_2)と、炭酸リチウム(Li_2CO_3)と、リン酸アンモニウム($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$)と、酸化鉄(FeO)とを、メノウ乳鉢中でモル比 $2-x:(1+2x)/2:3:x$ ($x=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$)で混合し、加圧成型してペレット状にした後、 900°C の

温度で4時間焼成し、得られた焼成物をメノウ乳鉢中で粉碎して、 $\text{Li}_{1+2x}\text{Fe}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ で表される400メッシュパスの5種の粒状電解質を得た。また、上記製法において、酸化チタン(TiO_2)に代えてジルコニア(ZrO_2)を使用したこと以外は同様に、 $\text{Li}_{1+2x}\text{Fe}_x\text{Zr}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ で表される500メッシュパスの5種の粒状電解質を得た。次いで、上記各製法により得たx値の同じ粒状電解質同士を、重量比95:5の比率でメノウ乳鉢中で混合し、加圧成型してペレット状にした後、1000°Cの温度で2時間かけて焼結して5種の固体電解質を得た。これらの固体電解質を使用したこと以外は実施例1と同様に、電池BA20~BA24を作製した。電池BA20~BA24のそれぞれについて、実施例1と同様に、イオン導電率を求めた。結果を、先の図3に○でプロットして示す。同図より、x値が0.15~0.45の範囲、特に0.2前後のものが、最も高いイオン導電率を示すことが分かる。

【0035】(実施例5) 酸化チタン(TiO_2)と、炭酸リチウム(Li_2CO_3)と、リン酸アンモニウム($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$)と、酸化マグネシウム(MgO)とを、メノウ乳鉢中でモル比 $2-x:(1+2x)/2:3:x$ ($x=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$)で混合し、加圧成型してペレット状にした後、900°Cの温度で2時間焼成し、得られた焼成物をメノウ乳鉢中で粉碎して、400メッシュパスの粒径の5種の粒状電解質を得た。次いで、これらの粒状電解質をそれぞれ加圧成型してペレット状にした後、1000°Cの温度で2時間かけて焼結して、 $\text{Li}_{1+2x}\text{Mg}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ で表されるx値の異なる5種の固体電解質を得た。これらの固体電解質を使用したこと以外は実施例1と同様に、電池BA25~BA29を作製した。電池BA25~BA29のそれぞれについて、実施例1と同様に、イオン導電率を求めた。結果を、先の図3に●でプロットして示す。同図より、xの値が0.15~0.45の範囲、特に0.2前後のものが、最も高いイオン導電率を示すことが分かる。

【0036】(比較例) 酸化チタン(TiO_2)と、炭酸リチウム(Li_2CO_3)と、リン酸アンモニウム($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$)と、酸化アルミニウム(Al_2O_3)とを、メノウ乳鉢中でモル比 $2-x:(1+x)/2:3:x/2$ ($x=0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$)で混合し、加圧成型してペレット状にした後、900°Cの温度で2時間焼成し、得られた焼成物をメノウ乳鉢中で粉碎して、400メッシュパスの粒径の

5種の粒状電解質を得た。次いで、これらの粒状電解質を加圧成型してペレット状にした後、1000°Cの温度で2時間かけて焼結して、 $\text{Li}_{1+x}\text{Al}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ で表されるx値の異なる5種の固体電解質を得た。これらの固体電解質を使用したこと以外は実施例1と同様に、比較電池BC1~BC5を作製した。比較電池BC1~BC5のそれぞれについて、実施例1と同様に、イオン導電率を求めた。結果を、先の図3に□でプロットして示す。図3より、x値が同じ固体電解質を使用した本発明電池と比較電池を比較した場合、本発明電池は比較電池に比し、イオン導電率が高いことが分かる。また、x値が0.17~0.4程度においては、x値の如何によらず本発明電池の方が比較電池に比し優れていることが分かる。

【0037】図4は、実施例3で作製した電池BA16及び比較例で作製した比較電池BC3の20°Cにおける各高率放電特性を、縦軸に電池電圧(V)を、横軸に放電電流密度(mA/cm^2)をとって示したグラフである。同図より、電池BA16は比較電池BC3に比し高率放電特性に優れていることが分かる。

【0038】叙上の実施例では本発明を扁平型電池に適用する場合の具体例について説明したが、電池の形状に特に制限はなく、本発明は円筒型、角型など、種々の形状のリチウム電池に適用し得るものである。

【0039】

【発明の効果】本発明に係る固体電解質は、リチウムイオン導電性に優れているので、高率放電特性に優れたリチウム電池を得ることを可能にするなど、本発明は優れた特有の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】扁平型電池の断面図である。

【図2】2種の粒状電解質の重量混合比率とイオン導電率との関係を示すグラフである。

【図3】x値とイオン導電率との関係を示すグラフである。

【図4】高率放電特性図である。

【符号の説明】

BA1 電池

1 正極

2 負極

3 固体電解質

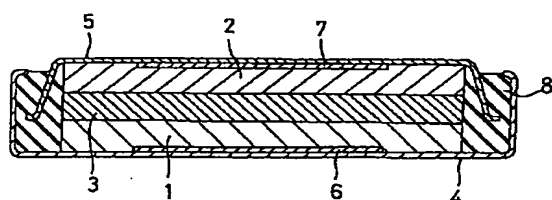
4 正極缶

5 負極缶

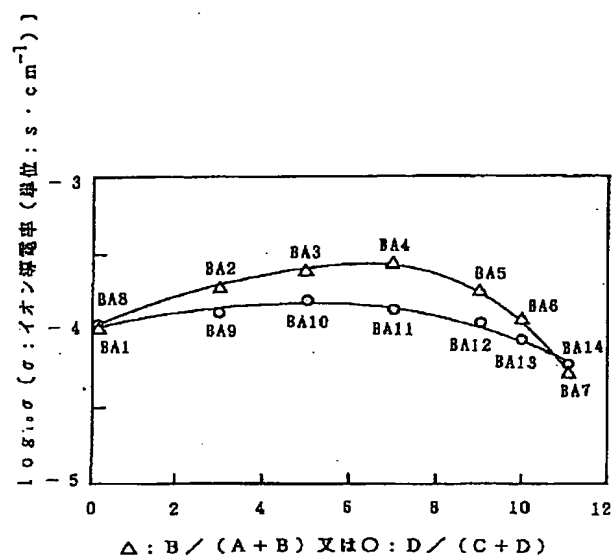
6 正極集電体

7 負極集電体

【図1】

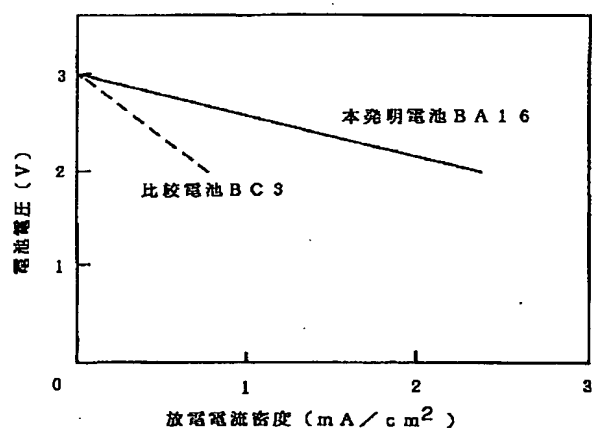


【図2】

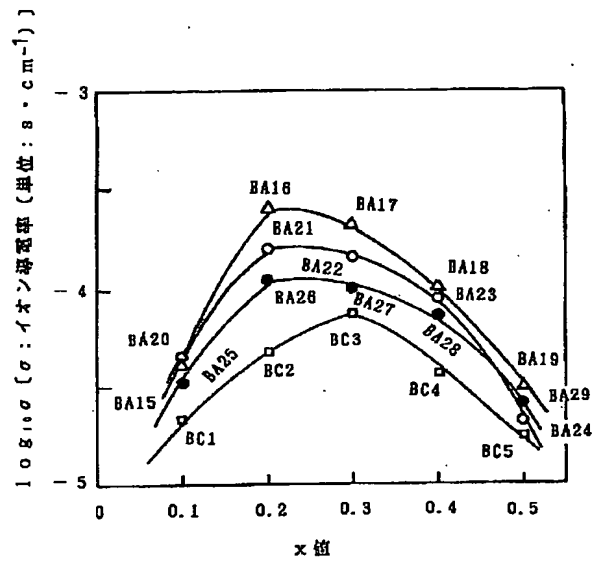


A: Li_{1.4}MgO_{0.2}Ti_{1.8}(PO₄)₃
 B: Li_{1.4}MgO_{0.2}Zr_{1.8}(PO₄)₃
 C: Li_{1.4}FeO_{0.2}Ti_{1.8}(PO₄)₃
 D: Li_{1.4}FeO_{0.2}Zr_{1.8}(PO₄)₃

【図4】



【図3】



- Δ $Li_{1+2x}M_{2x}Ti_2-x(PO_4)_3$
 $: Li_{1+2x}M_{2x}Zr_2-x(PO_4)_3 = 93:7$
 \circ $Li_{1+2x}Fe_xTi_2-x(PO_4)_3$
 $: Li_{1+2x}Fe_xZr_2-x(PO_4)_3 = 95:5$
 \bullet $Li_{1+2x}M_{2x}Ti_2-x(PO_4)_3$
 \square $Li_{1+x}Al_xTi_2-x(PO_4)_3$